屎肠球菌对仔猪肠道健康的影响

黄　怡[1]　郭乾鹏[1]　梁世忠[1]　秦　津[1]　李卫芬[2]

(1.广西大学动物科学技术学院，南宁 530004；2. 浙江大学动物科学学院动物分子营养学国家重点实验室，杭州 310058）

摘　要：屎肠球菌是仔猪生产中常用的益生菌之一。该益生菌不仅能够在仔猪的胃肠道中存活，并维持仔猪肠道菌群平衡，还可以调节仔猪的小肠绒毛发育、养分吸收、免疫功能以及抗衣原体、轮状病毒和鼠伤寒沙门氏菌感染的能力，对仔猪肠道健康有重要影响。本文就上述研究进展进行综述。

关键词：屎肠球菌；仔猪；肠道菌群；小肠绒毛；养分吸收；免疫调节；抗病能力

中图分类号：S828　　　　　文献标识码：A　　　　　文章编号：

屎肠球菌的拉丁学名为 *Enterococcus faecium*，属于细菌界、链球菌科、肠球菌属细菌，革兰氏阳性，兼性厌氧。因其可发酵碳水化合物产生乳酸，故属于乳酸菌。该菌能生长于10~45 ℃、pH 为 9.6、6.5% NaCl 以及 40%的胆盐中，实验室常用 MRS 培养基在 37 ℃恒温条件下培养[1]。肠球菌属只有屎肠球菌和粪肠球菌具有益生菌特性，大多数屎肠球菌菌株被证实是安全的[2-4]。因此，屎肠球菌于 1989 年就被美国食品药品监督管理局（FDA）列入可直接饲喂的益生菌菌种目录中，我国农业部则从 1999 年起允许其作为动物养殖的微生物添加剂，欧盟也批准其作为可直接饲喂所有动物的安全饲料添加剂，屎肠球菌是欧洲各国动物益生菌产品中的主要菌株。益生屎肠球菌大部分来自健康人或动物的肠道，少部分来自发酵食品。这些益生菌能够促进仔猪生长，提高日增重，预防腹泻的发生[5-16]。屎肠球菌对仔猪的益生作用与其在仔猪胃肠道的生存能力以及对肠道健康（包括肠道菌群平衡、小肠绒毛发育、免疫、抗病等）的调节作用密不可分，本文就此作一综述。

1　屎肠球菌在仔猪胃肠道的存活力

收稿日期：2015-11-17

基金项目：国家自然科学基金资助项目（31460607）；广西大学科研基金资助项目(XBZ120917)

作者简介：黄　怡(1971—)，女，广西南宁人，副教授，博士，研究方向为益生菌与畜禽健康养殖。E-mail: huangyi@gxu.edu.cn

耐受胃酸和胆盐是保证口服益生菌在宿主胃肠道存活和生长的前提。8 周龄内仔猪胃 pH 为 4.0 左右，8~10 周龄后仔猪胃 pH 逐渐接近于 2.0。Strompfová 等[17]从健康仔猪直肠和粪便中分离的屎肠球菌，能黏附健康猪的结肠黏膜，pH 为 3.0 条件下能存活 3 h 以上，与 1%牛胆汁和溶菌酶共存 1 d 后，活菌数量依然超过 10^7 CFU/mL。Marcinñaákovaá 等[18]从动物粪便和消化道中分离得到的屎肠球菌，尽管黏附力只有 2%~4%，但这些菌株都能耐受 0.3%牛胆盐和 pH 为 3.0 的盐酸。Guerra 等[6]报道，商品屎肠球菌 CECT 410 菌株能耐受动物胃（pH 为 2.0、3 g/L 胃蛋白酶和 5 g/L NaCl）和小肠（pH 为 8.0、1 g/L 胰酶和 5 g/L NaCl）的环境，而且它在−20 ℃条件贮存 3 个月活力依然很强，添加到猪饲料中，室温条件下保存 8 d 活力损失很小。以上研究结果表明，不同来源的屎肠球菌菌株都具有在仔猪胃肠道生存的能力。Taras 等[13]和 Simon[14]都证实，微胶囊化的屎肠球菌 NCIMB 10415 能很快在母猪和仔猪的胃、空肠和结肠中定植，在粪便中也能很快检测到，而且该菌还可由母猪的粪便传递给新生仔猪，并定植在仔猪的回肠和结肠中，表明屎肠球菌 NCIMB 10415 能很好地适应母猪和仔猪的胃肠道环境。

能在胃肠道中存活是益生菌发挥作用的必要条件之一。要使屎肠球菌对仔猪产生益生作用，还必需保证其在仔猪肠道中的活菌数超过 10^6 CFU/g 肠内容物，因此要求仔猪饲粮的屎肠球菌活菌数达到 10^9 CFU/kg 以上[14]。并且最好从仔猪出生就开始摄入高剂量的活菌（10^9 CFU/d 以上），但是否在妊娠期和哺乳期母猪饲粮中添加屎肠球菌对断奶后仔猪肠道活菌的数量无显著影响[14]。

2 屎肠球菌对仔猪肠道菌群的影响

在健康仔猪胃肠道菌群中，乳酸菌不仅是最占优势的菌群之一，而且绝大多数乳酸菌菌种对仔猪的健康有益；相反，肠杆菌的很多菌种则是致病菌或者条件致病菌。因此，促进有益乳酸菌的生长繁殖、减少致病菌的数量是维持仔猪肠道微生态平衡、保证仔猪肠道健康的关键。Klar[19]给母猪及其仔猪饲喂屎肠球菌NCIMB 10415，观察断奶前和断奶后仔猪的胃、空肠和结肠菌群变化，结果发现屎肠球菌使仔猪胃肠道菌群组成更加多样化，而且组内各仔猪胃肠道的菌群有高度一致性。其中肠球菌属细菌（主要是屎肠球菌）和有益的乳杆菌（如约氏乳杆菌，*L. johnsonii*）在仔猪胃肠道各段的数量都显著增加，56日龄仔猪结肠的罗伊氏乳杆菌（*L. reuteri*）数量也显著增加，而嗜酸乳杆菌（*L. acidophilus*）则保持不变，双歧杆

菌也不受影响，致病性大肠杆菌的数量略有减少，其中7日龄仔猪结肠的大肠杆菌数量显著下降。Twardziok等[16]也报道，屎肠球菌NCIMB 10415能显著增加断奶仔猪回肠内容物中共生屎肠球菌的数量。Vahjen等[20]却发现，屎肠球菌NCIMB 10415并不影响断奶前和断奶后仔猪肠道内容物总屎肠球菌数量，而使断奶前仔猪结肠内容物和断奶后空肠和结肠内容物的粪肠球菌和总肠球菌数量都显著减少。上述研究结果不一致的原因可能与仔猪品种、断奶日龄以及仔猪饲粮中的屎肠球菌活菌数不同有关。Mallo等[8]发现给断奶仔猪饲喂屎肠球菌CECT 4515能够显著增加仔猪回肠和粪便中的乳杆菌数量，显著减少回肠大肠菌群细菌的数量。文静等[9]研究结果也表明，断奶仔猪饲喂屎肠球菌能够显著增加其粪便乳酸菌的数量，而使大肠杆菌和沙门氏菌数量显著减少。黄怡等[15]研究发现，新生仔猪口服屎肠球菌，虽然不影响哺乳仔猪盲肠内容物中细菌总数和乳酸菌数量，但能显著降低致病性肠杆菌的数量。Scharek等[21]和Simon[14]先后报道，母猪及其仔猪都饲喂屎肠球菌NCIMB 10415，能够显著降低断奶仔猪结肠内容物中引起腹泻的致病性大肠杆菌各种血清型变种（如O141血清型和β溶血型）的比率，但不影响大肠菌群的细菌总数。综上可见，无论是在仔猪断奶前还是断奶后摄入屎肠球菌菌株，均能调节其肠道菌群的平衡，甚至有些菌株灭活之后仍可发挥作用[11]。屎肠球菌调节仔猪肠道菌群平衡的机理可能与其能够增加肠道产乳酸的细菌数量以及抑制致病菌的黏附和生长等密切相关[19，22]。

3　屎肠球菌对仔猪小肠绒毛发育和养分吸收功能的影响

小肠上皮既是防御外来抗原入侵的物理屏障，同时也担负着养分吸收的重要功能。因此，促进小肠绒毛发育是维持仔猪肠道健康的前提。研究表明，屎肠球菌能够增强仔猪小肠上皮细胞的完整性和代谢活性[23]，显著促进断奶仔猪空肠绒毛的生长，有些热灭活菌也有相同的作用[11]，而有的菌株则能够促进受沙门氏菌感染仔猪的空肠绒毛发育，增强肠上皮屏障功能[24]。据报道，屎肠球菌 NCIMB 10415 还有增强仔猪空肠上皮对葡萄糖吸收能力的趋势[25]，能显著增强 26 日龄和 54 日龄仔猪空肠黏膜 Na^+/葡萄糖的协同运输能力，提高 54 日龄仔猪空肠上皮组织的离子转运能力，但是不影响仔猪空肠绒毛的 Na^+/葡萄糖共转运载体 SGLT1 和 Cl^-转运通道 *CFTR* 的 mRNA 表达[26]。也有研究表明，屎肠球菌 NCIMB 10415 既不影响仔猪断奶前、后的空肠绒毛长度和隐窝深度[21]，也不影响空肠的物质转运、屏障功能以及各种养分的消化率[14，27]。产生不同研究结果的原因可能与仔猪年龄或饲养条件的差

异有关，而屎肠球菌 NCIMB 10415 促进葡萄糖的吸收可能不依赖 SGLT1，具体机理有待进一步研究。

4　屎肠球菌对仔猪免疫功能的影响

益生菌具有免疫刺激作用，从而影响免疫系统和宿主的健康。肠黏膜最先接触经口摄入的益生菌，并产生免疫应答。Huang 等[28]研究表明，屎肠球菌 EF1 能够调节新生仔猪小肠黏膜细胞因子的表达，显著抑制促炎细胞因子肿瘤坏死因子-α（TNF-α)、γ-干扰素（IFN-γ）、白细胞介素-1（IL-1）、白细胞介素-6（IL-6）、白细胞介素-12（IL-12）和白细胞介素-8（IL-8）的产生，而显著增加抗炎细胞因子白细胞介素-10（IL-10）和转化生长因子-β1（TGF-β1）的分泌，表明屎肠球菌 EF1 有抑制炎症反应、促进肠黏膜稳态的作用。Twardziok 等[16]给妊娠母猪及其仔猪饲喂屎肠球菌 NCIMB 10415，发现 34 日龄仔猪 PP 结的肽聚糖识别蛋白-1（*PGLYRP*-1）、肽聚糖识别蛋白-2A（*PGLYRP*-2A）、肽聚糖识别蛋白-2B（*PGLYRP*-2B）、*IL*-8、*IL*-10、核苷酸结合寡聚化结构域 1（*NOD*1）、核苷酸结合寡聚化结构域 2（*NOD*2）、*CD*86、乙酰化酶 1 以及细胞毒性 T 淋巴细胞相关抗原 4（*CTLA*4）基因的表达都显著下调，推测仔猪腹泻率下降与屎肠球菌的免疫调节作用相关。此外，屎肠球菌 NCIMB 10415 还可使吮乳仔猪回肠肠系膜淋巴结活化的 T 细胞和免疫球蛋白 M$^+$（IgM$^+$）B 细胞数量都显著减少[29]，PP 结 B 细胞的 CD1 表达显著上升，CD4$^-$ CD8$^+$细胞显著减少[30]，断奶仔猪粪便中的免疫球蛋白 A（IgA）含量[31]和空肠上皮的细胞毒性 T 细胞（CD8$^+$细胞）数量也显著减少[14，21，32]，但是不影响空肠 PP 结的 CD4$^+$和 CD8$^+$ T 细胞数量[21]。可见，屎肠球菌 NCIMB 10415 减弱了仔猪肠黏膜的免疫应答。不仅如此，血液循环也表现出类似的免疫反应。饲喂屎肠球菌 NCIMB 10415 可使断奶仔猪血清总免疫球蛋白 G（IgG）水平显著下降[14，21，31]，而 Scharek-Tedin 等[30]也发现，仔猪早期饲喂屎肠球菌 NCIMB 10415 能调节血液淋巴细胞群的组成，显著降低颈静脉血液淋巴细胞的 CD16$^+$细胞比例，却使 γδT 细胞和 CD4$^+$ T 细胞数量显著增加。长期饲喂屎肠球菌 NCIMB 10415 的仔猪循环血 T 淋巴细胞（CD8$^+$细胞）数量也显著减少[14，32]。但是，有些屎肠球菌菌株却能显著提高断奶仔猪血清的 IgA、IgG 或 IgM 水平[9，33]，而且灭活的屎肠球菌也有同样的作用[11]。以上研究结果表明，屎肠球菌的免疫调节作用因菌株而异，但总体而言，仔猪对口服的屎肠球菌（特别是 NCIMB 10415 菌株）产生的免疫应答较弱，可能是仔猪对屎肠球菌免疫耐受的一种表现。

屎肠球菌 NCIMB 10415 可能通过调节上皮内淋巴细胞数量直接影响免疫系统的功能，或通过调整肠道菌群，间接影响宿主的免疫应答[14，29]。尽管屎肠球菌调节仔猪免疫功能的机理尚未清楚，但已有研究表明，Toll-样受体 2（TLR2）和 Toll-样受体 9（TLR9）参与了屎肠球菌 EF1 调节新生仔猪小肠黏膜的先天免疫应答[34]。可见，Toll-样受体相关的信号通路起着重要的作用。

5　屎肠球菌对仔猪抗病的影响

5.1　抗衣原体感染和轮状病毒感染

猪衣原体病是一种慢性接触性传染病，妊娠母猪和幼龄仔猪最易感染；而轮状病毒感染会引起仔猪发生急性肠道传染病。这两种疾病都严重危害仔猪的健康。给妊娠母猪及其仔猪饲喂屎肠球菌 NCIMB 10415，能够推迟仔猪感染衣原体的时间，并且显著减少仔猪的自然感染率[35]。这可能与屎肠球菌增强了仔猪的免疫应答有关。屎肠球菌 NCIMB 10415 还能显著促进仔猪排出自然感染的轮状病毒。排毒效果与病毒类型有关，可能受到免疫状态的影响[36]。可以看出，屎肠球菌 NCIMB 10415 能够提高仔猪对衣原体和轮状病毒感染的抵抗力，但相关机理尚不清楚。

5.2　抗沙门氏菌感染

鼠伤寒沙门氏菌是仔猪沙门氏菌病的主要致病菌。在沙门氏菌感染中，体液免疫和细胞免疫在防御中起重要作用。Szabó 等[37]给妊娠及哺乳期母猪及其 14~56 日龄仔猪一直饲喂屎肠球菌 NCIMB 10415，28 日龄断奶后对仔猪进行灌胃攻毒感染鼠伤寒沙门氏菌 DT104，结果发现仔猪受感染后增重显著下降，并且定植于扁桃体、结肠、前肢肌肉的鼠伤寒沙门氏菌显著增加，而血清抗沙门氏菌的 IgG、IgM 和 IgA 含量都不同程度上调。最近，Rieger 等[24]报道，饲喂屎肠球菌 NCIMB 10415 的仔猪在感染鼠伤寒沙门氏菌 DT104 的第 28 天，肠上皮内淋巴细胞显著增加，肠上皮屏障功能增强，但对于被沙门氏菌感染第 2 天的仔猪却没有相同的效果。可见，受沙门氏菌感染的时间长短是影响仔猪免疫应答的关键因素之一[24]。然而，Kreuzer 等[38]研究则表明，屎肠球菌 NCIMB 10415 不影响受沙门氏菌感染仔猪的体液免疫应答和细胞免疫应答，包括抗沙门氏菌的特异性抗体 IgG、非特异性体液免疫应答以及淋巴结、空肠和回盲肠 PP 结、回肠乳头和血液中的 T 辅助细胞、毒性 T 细胞、调节性 T 细胞、γδT 细胞以及 B 细胞的免疫应答。以上研究结果说明，在人为大剂量攻毒的情况下，

尿肠球菌 NCIMB 10415 不能促使仔猪产生快速有效的体液免疫和细胞免疫来抵抗沙门氏菌的感染，但不能因此而否定尿肠球菌的益生功能。因为在自然条件下，环境中沙门氏菌的活菌量远不及人为攻毒的剂量大，尿肠球菌可以通过增加肠道乳酸菌的数量来抑制进入肠道的沙门氏菌的黏附和生长，维持仔猪肠道菌群的平衡，从而能够保证仔猪的健康。

研究宿主细胞对尿肠球菌产生的先天免疫应答，是揭示尿肠球菌作用机制的重要手段之一[39]。体外试验结果表明，尿肠球菌 NCIMB 10415 能够表达某种细胞外因子来阻止鼠伤寒沙门氏菌入侵猪的空肠上皮细胞 IPEC-J2，但是这种因子尚未明确，可能具有菌株特异性[14]。因此，尿肠球菌在在抗沙门氏菌感染中所起的作用及相关机理还有待深入研究。

6 小 结

尿肠球菌通过影响肠道菌群、小肠绒毛发育以及免疫功能来改善仔猪的肠道健康，但是作用效果受很多因素（包括菌株的特异性、仔猪个体肠道内的生理条件等）影响，而且往往多种机制同时起作用，导致研究结果不太一致。因此，在没有弄清楚益生菌的确切作用机理之前，不可将其用于治疗目的。在今后的研究中，有关尿肠球菌调节仔猪肠道健康的作用机理需在细胞和分子水平上进一步探讨，揭示菌株的有效成分（如细胞壁成分、代谢产物）、菌株对肠道菌群动态平衡和养分消化代谢的影响，以及调节肠黏膜免疫的信号通路。其中调节肠黏膜免疫的信号通路将是今后的研究热点。

参考文献：

[1] 雷鸣.益生性肠球菌的生物学特性和安全性评价[D].硕士学位论文.杭州:中国计量学院,2014.

[2] FRANZ C M A P,HOLZAPFEL W H,STILES M E.*Enterococci* at the crossroads of food safety?[J].International Journal of Food Microbiology,1999,47(1/2):1−24.

[3] FRANZ C M A P,STILES M E,SCHLEIFER K H,et al.*Enterococci* in foods—a conundrum for food safety[J].International Journal of Food Microbiology,2003,88(2/3)05−122.

[4] FRANZ C M A P,HUCH M,ABRIOUEL H,et al.*Enterococci* as probiotics and their implications in food safety[J].International Journal of Food Microbiology,2011,151(2):125−140.

[5] ZEYNER A,BOLDT E.Effects of a probiotic *Enterococcus faecium* strain supplemented from birth to weaning on diarrhoea patterns and performance of piglets[J].Journal of Animal

Physiology and Animal Nutrition,2006,90(1/2):25−31.

[6] GUERRA N P,BERNÁRDEZ P F,MÉNDEZ J,et al.Production of four potentially probiotic lactic acid bacteria and their evaluation as feed additives for weaned piglets[J].Animal Feed Science and Technology,2007,134(1/2):89−107.

[7] LOJANICA M,MANOJLOVIĆ M,JEREMIĆ D,et al.The effects of probiotic *Enterococcus faecium* DSM 7134 in the weaned pigs nutrition[J].Biotechnology in Animal Husbandry,2010,26(1/2):57−64.

[8] MALLO J J,RIOPEREZ J,HONRUBIA P.The addition of *Enterococcus faecium* to diet improves piglet's intestinal microbiota and performance[J].Livestock Science,2010,133(1/2/3):176−178.

[9] 文静,孙建安,周绪霞,等.屎肠球菌对仔猪生长性能、免疫和抗氧化功能的影响[J].浙江农业学报,2011,23(1):70−73.

[10] BÜSING K,ZEYNER A.Effects of oral *Enterococcus faecium* strain DSM 10663 NCIMB 10415 on diarrhoea patterns and performance of sucking piglets[J].Beneficial Microbes,2015,6(1):41−44.

[11] SUKEGAWA S,IHARA Y,YUGE K,et al.Effects of oral administration of heat-killed *Enterococcus faecium* strain NHRD IHARA in post-weaning piglets[J].Animal Science Journal,2014,85:454−460.

[12] TARAS D,VAHJEN W,MACHA M,et al.Performance,diarrhea incidence,and occurrence of *Escherichia coli* virulence genes during long-term administration of a probiotic *Enterococcus faecium* strain to sows and piglets[J].Journal of Animal Science,2006,84(3):608−617.

[13] TARAS D,VAHJEN W,SIMON O.Probiotics in pigs—modulation of their intestinal distribution and of their impact on health and performance[J].Livestock Science,2007,108(1/2/3):229−231.

[14] SIMON O.An interdisciplinary study on the mode of action of probiotics in pigs[J].Journal of Animal and Feed Sciences,2010,19(2):230–243.

[15] 黄怡,黄琴,崔志文,等.新生仔猪口服屎肠球菌对其肠道菌群组成及化学屏障的影响[J].

中国兽医学报,2012,32(7):1007−1010.

[16] TWARDZIOK S O,PIEPER R,ASCHENBACH J R,et al.Cross-talk between host,microbiome and probiotics:a systems biology approach for analyzing the effects of probiotic *Enterococcus faecium* NCIMB 10415 in piglets[J].Molecular Informatics,2014,33(3):171−182.

[17] STROMPFOVÁ V,LAUKOVÁA A.*Enterococci* from piglets—probiotic properties and responsiveness to natural antibacterial substances[J].Folia Microbiology,2009,54(6):538−544.

[18] MARCIŇÁKOVÁ M,KLINGBERG T D,LAUKOVÁ A,et al.The effect of pH,bile and calcium on the adhesion ability of probiotic enterococci of animal origin to the porcine jejunal epithelial cell line IPEC-J2[J].Anaerobe,2010,16(2):120−124.

[19] KLAR I.Influence of feeding of the probiotics *E.faecium* NCIMB 10415 in early postnatal stage in the composition and metabolic activity of the gastrointestinal microbiota in piglets[D].Ph.D.Thesis.Berlin:Freie University of Berlin,2008:75−126.

[20] VAHJEN W,TARAS D,SIMON O.Effect of the probiotic *Enterococcus faecium* NCIMB10415 on cell numbers of total *Enterococcus* spp.,*E. faecium* and *E. faecalis* in the intestine of piglets[J].Current Issues in Intestinal Microbiology,2007,8(1):1−7.

[21] SCHAREK L,GUTH J,REITER K,et al.Influence of a probiotic *Enterococcus faecium* strain on development of the immune system of sows and piglets[J].Veterinary Immunology and Immunopathology,2005,105(1/2):151−161.

[22] BEDNORZ C,GUENTHER S,OELGESCHLÄGER K,et al.Feeding the probiotic *Enterococcus faecium* strain NCIMB 10415 to piglets specifically reduces the number of *Escherichia coli* pathotypes that adhere to the gut mucosa[J].Applied and Environmental Microbiology,2013,79(24):7896−7904.

[23] NISSEN L,CHINGWARU W,SGORBATI B,et al.Gut health promoting activity of new putative probiotic/protective *Lactobacillus spp*.strains:a functional study in the small intestinal cell model[J].International Journal of Food Microbiology,2009,135(3):288−294.

[24] RIEGER J,JANCZYK P,HÜNIGEN H,et al.Intraepithelial lymphocyte numbers and histomorphological parameters in the porcine gut after *Enterococcus faecium* NCIMB 10415

feeding in a *Salmonella* typhimurium challenge[J].Veterinary Immunology and Immunopathology,2015,164(1/2):40−50.

[25] LODEMANN U,HÜBENER K,JANSEN N,et al.Effects of *Enterococcus faeciu*m NCIMB 10415 as probiotic supplement on intestinal transport and barrier function of piglets[J].Archives of Animal Nutrition,2006,60(1):35−48.

[26] KLINGSPOR S,MARTENS H,ÇAUSHI D,et al.Characterization of the effects of *Enterococcus faecium* on intestinal epithelial transport properties in piglets[J].Journal of Animal Science,2013,91(4):1707−1718.

[27] MARTIN L,PIEPER R,KRÖGER S,et al.Influence of age and *Enterococcus faecium* NCIMB 10415 on development of small intestinal digestive physiology in piglets[J].Animal Feed Science and Technology,2012,175(1/2):65–75.

[28] HUANG Y,LI Y L,HUANG Q,et al.Effect of orally administered *Enterococcus faecium* EF1 on intestinal cytokines and chemokines production of sucking piglets[J].Pakistan Veterinary Journal,2012,32(1):81−84.

[29] SCHAREK-TEDIN L,KREUZER-REDMER S,TWARDZIOK S O,et al.Probiotic treatment decreases the number of CD14-expressing cells in porcine milk which correlates with several intestinal immune parameters in the piglets[J].Frontiers in Immunology,2015,6:108−117.

[30] SCHAREK-TEDIN L,FILTER M,TARAS D,et al.Influence of an *Enterococcus faecium* probiotic on the development of Peyer's patches B cells in piglets[J].Archives of Animal Nutrition,2009,63(5):343−355.

[31] SCHAREK L,GUTH J,FILTER M,et al.Impact of the probiotic bacteria *Enterococcus faecium* NCIMB 10415 (SF68) and *Bacillus cereus var.toyoi* NCIMB 40112 on the development of serum IgG and faecal IgA of sows and their piglets[J].Archives of Animal Nutrition,2007,61(4):223−234.

[32] MAFAMANE H,SZABÓ I,SCHMIDT M F G,et al.Studies on the effect of an *Enterococcus faecium* probiotic on T cell populations in peripheral blood and intestinal epithelium and on the susceptibility to *Salmonella* during a challenge infection with *Salmonella Typhimurium* in

piglets[J].Archives of Animal Nutrition,2011,65(6):415−430.
[33] 王永,杨维仁,张桂国.饲粮中添加屎肠球菌对断奶仔猪生长性能、肠道菌群和免疫功能的影响[J].动物营养学报,2013,25(5):1069−1076.
[34] LI W F,HUANG Y,LI Y L,et al.Effect of oral administration of *Enterococcus faecium* EF1 on innate immunity of sucking piglets[J].Pakistan Veterinary Journal,2013,33(1):9−13.
[35] POLLMANN M,NORDHOFF M,POSPISCHIL A,et al.Effects of a probiotic strain of *Enterococcus faecium* on the rate of natural chlamydia infection in swine[J].Infection and Immunity,2005,73(7):4346−4353.
[36] KREUZER S,MACHNOWSKA P,AßMUS J,et al.Feeding of the probiotic bacterium *Enterococcus faecium* NCIMB 10415 differentially affects shedding of enteric viruses in pigs[J].Veterinary Research,2012,43:58−69.
[37] SZABÓ I,WIELER L H,TEDIN K,et al.Influence of a probiotic strain of *Enterococcus faecium* on *Salmonella enterica Serovar Typhimurium* DT104 infection in a porcine animal infection model[J].Applied and Environmental Microbiology,2009,75(9):2621−2628.
[38] KREUZER S,JANCZYK P,AßMUS J,et al.No beneficial effects evident for *Enterococcus faecium* NCIMB 10415 in weaned pigs infected with *Salmonella enterica Serovar Typhimurium* DT104[J].Applied and Environmental Microbiology,2012,78:4816–4825.
[39] SIEPERT B,REINHARDT N,KREUZER S,et al.*Enterococcus faecium* NCIMB 10415 supplementation affects intestinal immune-associated gene expression in post-weaning piglets[J].Veterinary Immunology and Immunopathology,2014,157(1/2):65–77.

The Influence of *Enterococcus faecium* on Gut Health of Piglets

HUANG Yi[1] GUO Qianpeng[1] LIANG Shizhong[1] QIN Jin[1] LI Weifen[2]

（1. *College of Animal Science and Technology, Guangxi University, Nanning* 530004; 2. *Key Laboratory of Molecular Animal Nutrition and Feed Sciences, College of Animal Science, Zhejiang University, Hangzhou* 310058）

Abstract: *Enterococcus faecium* is one of the probiotics used in piglet feeding. *Enterococcus*

Author, HUANG Yi, associate professor, E-mail: huangyi@gxu.edu.cn (责任编辑　李慧英)

faecium can live in the gastrointestinal tract, maintain the balance of intestinal microbiota, regulate growth of small intestinal villus, nutrient absorption, immune function, as well as resist to chlamydia, rotavirus and *Salmonella Typhimurium* infection of piglets. The probiotic has important influence on the gut health of piglets. This review provided an update on the research in *Enterococcus faecium* field.

Key words: *Enterococcus faecium*; piglets; intestinal microbiota; small intestinal villus; nutrient absorption; immune regulation; disease resistance